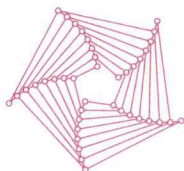




工程软件应用精解

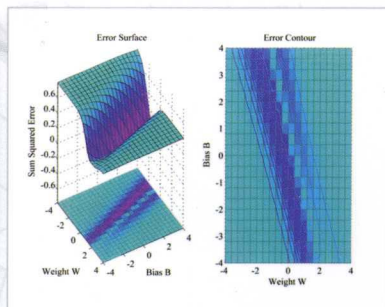
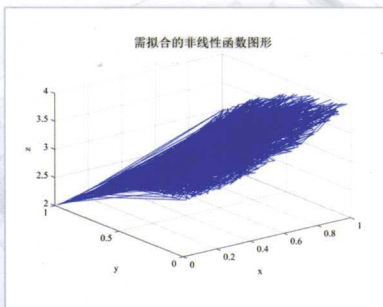
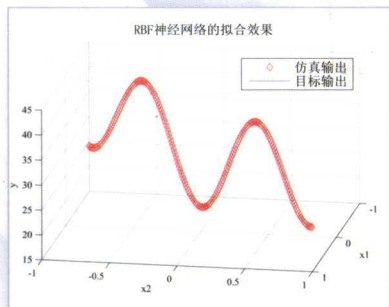


# MATLAB

## 神经网络

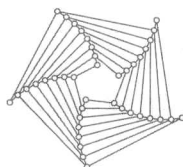
# 超级学习手册

MATLAB技术联盟 刘冰 郭海霞 编著





工程软件应用精解



# MATLAB

## 神经网络

# 超级学习手册

MATLAB技术联盟 刘冰 郭海霞 编著

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

MATLAB神经网络超级学习手册 / 刘冰, 郭海霞编著

— 北京: 人民邮电出版社, 2014.5

ISBN 978-7-115-34948-4

I. ①M… II. ①刘… ②郭… III. ①人工神经网络—  
Matlab软件—手册 IV. ①TP183-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第061424号

## 内 容 提 要

本书以新近推出的 MATLAB R2013a 神经网络工具箱为基础, 系统全面地介绍了神经网络的各种概念和应用。本书按逻辑编排, 自始至终采用实例描述; 内容完整且每章相对独立, 是一本不可多得的掌握 MATLAB 神经网络的学习用书。

全书共分为 16 章, 从 MATLAB 简介开始, 详细介绍了 MATLAB 的基础知识、MATLAB 程序设计、人工神经网络概述、感知器、线性神经网络、BP 神经网络、RBF 神经网络、反馈型神经网络、竞争型神经网络、神经网络在 Simulink 中的应用、神经网络 GUI、自定义神经网络及函数等内容。在本书最后, 还详细介绍了神经网络在 MATLAB 中的几种应用方法。

本书以神经网络结构为主线, 以学习算法为副线, 结合各种实例, 目的是使读者易看懂、会应用。本书是一本简明介绍 MATLAB 神经网络设计技能的综合性用书。本书深入浅出, 实例引导, 讲解详实, 既可以作为高等院校理工科的研究生、本科生的教材, 也可作为广大科研工程技术人员的参考用书。

- 
- ◆ 编 著 MATLAB 技术联盟 刘 冰 郭海霞  
责任编辑 王峰松  
责任印制 彭志环 杨林杰
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 30  
字数: 709 千字 2014 年 5 月第 1 版  
印数: 1-3 000 册 2014 年 5 月北京第 1 次印刷

---

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

# 前 言

MATLAB 是国际上公认的最优秀的数值计算和仿真分析软件之一，并且具有很强的开放性。到目前为止，MATLAB 平台已经推出了几十种针对不同应用的工具箱，其中为满足神经网络研究而开发的神经网络工具箱是其重要组成部分。

人工神经网络 (Artificial Neural Network, ANN)，是一种模仿生物神经网络的结构和功能的数学模型或计算模型。神经网络由大量的人工神经元联结进行计算。这种网络依靠系统的复杂程度，通过调整内部大量节点之间相互连接的关系，从而达到处理信息的目的。大多数情况下，人工神经网络能在外界信息的基础上改变内部结构，是一种自适应系统。

神经网络的研究可以分为理论研究和应用研究两大方面。在网络模型与算法研究的基础上，利用人工神经网络组成实际的应用系统，例如，完成某种信号处理或模式识别的功能，构建专家系统等。

本书基于 MATLAB R2013a 软件详细讲解进行神经网络设计的方法和技巧，同时给出了 MATLAB 在神经网络方面的应用。

## 1. 本书特点

由浅入深，循序渐进：本书以初中级读者为对象，首先从 MATLAB 使用基础讲起，再以神经网络在 MATLAB 中的应用案例帮助读者尽快掌握神经网络设计的技能。

步骤详尽，内容新颖：本书结合作者多年 MATLAB 神经网络使用经验与实际工程应用案例，将 MATLAB 软件的使用方法与技巧详细地讲解给读者。本书在讲解过程中步骤详尽、内容新颖，讲解过程辅以相应的图片，使读者在阅读时一目了然，从而快速把握书中所讲内容。

实例典型，轻松易学：学习实际工程应用案例的具体操作是掌握神经网络设计最好的方式。本书通过综合应用案例，透彻详尽地讲解了神经网络在各方面的应用。

## 2. 本书内容

本书基于 MATLAB R2013a 版软件，讲解了神经网络设计的基础知识和核心内容。本书主要分为两个部分：MATLAB 基础知识和神经网络工具箱。

第 1 章 本章简单介绍了 MATLAB 的基本知识，包括简介、特点、安装、工作环境等。对 MATLAB 软件的基本用途和方法也做了简单介绍。

第 2 章 本章对 Simulink 做了简单介绍，包括 simulink 基础以及 Simulink 组成、工作原理和环境设置等。

第 3 章 本章介绍了 MATLAB 程序设计，包括 MATLAB 的程序结构、MATLAB 控制语句、数据的输入和输出、文件操作、程序优化和程序调试等内容。

第 4 章 本章介绍了人工神经网络，包括人工神经网络的基本概念、研究方向等。之后，介绍了神经网络的基本单元——神经元，并对神经网络结构和学习做了讲解，最后介绍了

神经网络工具箱。

第 5 章 本章介绍了感知器,包括感知器的概念、学习规则、局限性和工具箱的函数等,还对感知器在 MATLAB 中的仿真设计做了叙述。

第 6 章 本章介绍了线性神经网络的应用,包括线性神经网络原理、模型、工具箱函数、基本的设计方法及其设计案例。

第 7 章 本章主要介绍 BP 神经网络原理,包括 BP 神经网络的模型、算法、训练和功能等知识,还介绍了 BP 神经网络的设计方法、工具箱函数及典型工程应用案例。

第 8 章 本章主要介绍 RBF 神经网络模型,包含其工作原理和具体实现,还介绍了 RBF 神经网络的学习算法、工具箱函数、非线性滤波及 RBF 在 MATLAB 中的应用实例。

第 9 章 本章主要介绍反馈型神经网络,包括反馈型神经网络的基本概念、Hopfield 网络模型、Hopfield 网络工具箱函数、离散型 Hopfield 网络和连续型 Hopfield 网络等,最后还对 Elman 网络进行了说明。

第 10 章 本章主要介绍竞争型神经网络,包括自组织型竞争神经网络、自组织特征映射神经网络、自适应共振理论神经网络、学习向量量化神经网络、竞争型神经网络工具箱函数和竞争型神经网络的应用等。

第 11 章 本章主要介绍神经网络在 Simulink 中的应用,包括 Simulink 中的神经网络模块、神经网络模型预测控制系统、反馈线性化控制系统和模型参考控制系统等。

第 12 章 本章主要介绍神经网络 GUI 方面的知识,包括 GUI 简介、常规神经网络 GUI、神经网络拟合 GUI、模式识别 GUI 和聚类 GUI,最后还对 GUI 的数据操作进行了介绍。

第 13 章 本章主要介绍自定义神经网络的创建、网络初始化、训练和仿真等内容。因为自定义函数学习难度较大,本章只是简单介绍了自定义函数的种类。

第 14 章 本章主要介绍随机神经网络的基本思想,模拟退火算法和 Boltzmann 机算法,并举例用随机神经网络解决实际 TSP 问题。

第 15 章 本章主要运用简单的实例介绍了简单的神经网络应用,包括感知器神经网络、线性神经网络、BP 神经网络和 RBF 神经网络的使用。

第 16 章 本章主要介绍 BP 神经网络、PID 神经网络控制、遗传算法优化、模糊神经网络和概率神经网络分类预测等 5 个典型的神经网络应用案例。

注:本书中用到的所有程序代码和数据,请到作者博客下载。

### 3. 读者对象

本书适合于 MATLAB 神经网络设计初学者和期望提高神经网络工程应用能力的读者,具体说明如下。

- ★ 相关从业人员
- ★ 初学 MATLAB 神经网络的技术人员
- ★ 大中专院校的教师和在校生
- ★ 相关培训机构的教师和学员
- ★ 参加工作实习的“菜鸟”
- ★ 广大科研工作人员

### 4. 本书作者

本书由 MATLAB 技术联盟刘冰、郭海霞编写,另外孔玲军、李昕、刘成柱、史洁玉、孙国强、代晶、贺碧蛟、石良臣、柯维娜等人为本书的编写提供了大量的帮助,在此一并表示感谢。

虽然作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善,但由于水平有限,书中难免存在

错误和欠妥之处，希望读者和同仁能够及时指出，共同促进本书质量的提高。

#### 5. 读者服务

读者朋友在学习过程中遇到与本书有关的技术问题，可以发邮件到邮箱 [book\\_hai@126.com](mailto:book_hai@126.com)，或者访问博客 <http://blog.sina.com.cn/tecbook>，我们会尽快给予解答，并竭诚为您服务。

编者

2013 年秋



# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 MATLAB 简介                | 1  |
| 1.1 MATLAB 的发展                 | 1  |
| 1.2 MATLAB 的特点及应用领域            | 2  |
| 1.3 MATLAB R2013a 的安装          | 3  |
| 1.4 MATLAB R2013a 的工作环境        | 5  |
| 1.4.1 操作界面简介                   | 5  |
| 1.4.2 Workspace (命令窗口)         | 6  |
| 1.4.3 Command History (历史命令窗口) | 9  |
| 1.4.4 输入变量                     | 11 |
| 1.4.5 路径管理                     | 12 |
| 1.4.6 搜索路径                     | 13 |
| 1.4.7 Workspace (工作空间)         | 14 |
| 1.4.8 变量的编辑命令                  | 15 |
| 1.4.9 存取数据文件                   | 17 |
| 1.5 MATLAB R2013a 的帮助系统        | 17 |
| 1.5.1 纯文本帮助                    | 18 |
| 1.5.2 演示帮助                     | 19 |
| 1.5.3 帮助导航                     | 21 |
| 1.5.4 帮助文件目录窗                  | 22 |
| 1.5.5 帮助文件索引窗                  | 22 |
| 1.6 本章小结                       | 23 |
| 第 2 章 MATLAB 基础                | 24 |
| 2.1 基本概念                       | 24 |
| 2.1.1 MATLAB 数据类型概述            | 24 |
| 2.1.2 常量与变量                    | 25 |
| 2.1.3 标量、向量、矩阵与数组              | 26 |
| 2.1.4 运算符                      | 28 |
| 2.1.5 命令、函数、表达式和语句             | 30 |
| 2.2 MATLAB 中的数组                | 31 |
| 2.2.1 数组的保存和装载                 | 31 |
| 2.2.2 数组索引和寻址                  | 32 |

|                          |                                |           |
|--------------------------|--------------------------------|-----------|
| 2.2.3                    | 数组的扩展和裁剪                       | 34        |
| 2.2.4                    | 数组形状的改变                        | 40        |
| 2.2.5                    | 数组运算                           | 43        |
| 2.2.6                    | 数组的查找                          | 46        |
| 2.2.7                    | 数组的排序                          | 47        |
| 2.2.8                    | 高维数组的降维操作                      | 48        |
| 2.3                      | 曲线拟合                           | 49        |
| 2.3.1                    | 多项式拟合                          | 49        |
| 2.3.2                    | 加权最小方差 (WLS) 拟合原理及实例           | 50        |
| 2.4                      | M 文件                           | 52        |
| 2.4.1                    | M 文件概述                         | 53        |
| 2.4.2                    | 局部变量与全局变量                      | 54        |
| 2.4.3                    | M 文件的编辑与运行                     | 55        |
| 2.4.4                    | 脚本文件                           | 56        |
| 2.4.5                    | 函数文件                           | 57        |
| 2.4.6                    | 函数调用                           | 58        |
| 2.4.7                    | M 文件调试工具                       | 61        |
| 2.4.8                    | M 文件分析工具                       | 63        |
| 2.5                      | 本章小结                           | 65        |
| <b>第 3 章 MATLAB 程序设计</b> |                                | <b>66</b> |
| 3.1                      | MATLAB 的程序结构                   | 66        |
| 3.1.1                    | if 分支结构                        | 66        |
| 3.1.2                    | switch 分支结构                    | 68        |
| 3.1.3                    | while 循环结构                     | 68        |
| 3.1.4                    | for 循环结构                       | 70        |
| 3.2                      | MATLAB 的控制语句                   | 71        |
| 3.2.1                    | continue 命令                    | 71        |
| 3.2.2                    | break 命令                       | 72        |
| 3.2.3                    | return 命令                      | 73        |
| 3.2.4                    | input 命令                       | 73        |
| 3.2.5                    | keyboard 命令                    | 74        |
| 3.2.6                    | error 和 warning 命令             | 74        |
| 3.3                      | 数据的输入输出                        | 75        |
| 3.3.1                    | 键盘输入语句 (input)                 | 75        |
| 3.3.2                    | 屏幕输出语句 (disp)                  | 76        |
| 3.3.3                    | M 数据文件的存储/加载 (save/load)       | 76        |
| 3.3.4                    | 格式化文本文件的存储/读取 (fprintf/fscanf) | 76        |
| 3.3.5                    | 二进制数据文件的存储/读取 (fwrite/fread)   | 76        |



|              |                          |            |
|--------------|--------------------------|------------|
| 3.3.6        | 数据文件行存储/读取 (fgetl/fgets) | 77         |
| 3.4          | MATLAB 文件操作              | 77         |
| 3.5          | MATLAB 程序优化              | 79         |
| 3.5.1        | 效率优化 (时间优化)              | 79         |
| 3.5.2        | 内存优化 (空间优化)              | 80         |
| 3.5.3        | 编程注意事项                   | 85         |
| 3.5.4        | 几个常用数学方法的算法程序            | 86         |
| 3.6          | 程序调试                     | 94         |
| 3.6.1        | 程序调试命令                   | 94         |
| 3.6.2        | 程序剖析                     | 95         |
| 3.7          | 本章小结                     | 99         |
| <b>第 4 章</b> | <b>神经网络概述</b>            | <b>100</b> |
| 4.1          | 神经网络                     | 100        |
| 4.1.1        | 神经网络的发展                  | 100        |
| 4.1.2        | 神经网络研究内容                 | 101        |
| 4.1.3        | 神经网络研究方向                 | 102        |
| 4.1.4        | 神经网络发展趋势                 | 102        |
| 4.2          | 神经元                      | 105        |
| 4.2.1        | 神经元细胞                    | 105        |
| 4.2.2        | MP 模型                    | 106        |
| 4.2.3        | 一般神经元模型                  | 107        |
| 4.3          | 神经网络的结构及学习               | 108        |
| 4.3.1        | 神经网络结构                   | 108        |
| 4.3.2        | 神经网络学习                   | 110        |
| 4.4          | MATLAB 神经网络工具箱           | 111        |
| 4.4.1        | 神经网络工具箱函数                | 112        |
| 4.4.2        | 神经网络工具箱的使用               | 113        |
| 4.5          | 本章小结                     | 118        |
| <b>第 5 章</b> | <b>感知器</b>               | <b>119</b> |
| 5.1          | 感知器原理                    | 119        |
| 5.1.1        | 感知器模型                    | 119        |
| 5.1.2        | 感知器初始化                   | 120        |
| 5.1.3        | 感知器学习规则                  | 121        |
| 5.1.4        | 感知器训练                    | 121        |
| 5.2          | 感知器的局限性                  | 122        |
| 5.3          | 感知器工具箱的函数                | 122        |
| 5.4          | 感知器的 MATLAB 仿真程序设计       | 130        |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 5.4.1 单层感知器 MATLAB 仿真程序设计  | 130        |
| 5.4.2 多层感知器 MATLAB 仿真程序设计  | 135        |
| 5.5 本章小结                   | 139        |
| <b>第 6 章 线性神经网络</b>        | <b>140</b> |
| 6.1 线性神经网络原理               | 140        |
| 6.1.1 线性神经网络模型             | 140        |
| 6.1.2 线性神经网络初始化            | 141        |
| 6.1.3 线性神经网络学习规则           | 142        |
| 6.1.4 线性神经网络的训练            | 144        |
| 6.2 线性神经网络工具箱函数            | 147        |
| 6.3 线性神经网络的 MATLAB 仿真程序设计  | 153        |
| 6.3.1 线性神经网络设计的基本方法        | 153        |
| 6.3.2 线性神经网络的设计            | 153        |
| 6.4 本章小结                   | 158        |
| <b>第 7 章 BP 神经网络</b>       | <b>159</b> |
| 7.1 BP 神经网络原理              | 159        |
| 7.1.1 BP 神经网络模型            | 159        |
| 7.1.2 BP 神经网络算法            | 161        |
| 7.1.3 BP 神经网络的训练           | 164        |
| 7.1.4 BP 神经网络功能            | 167        |
| 7.2 网络的设计                  | 167        |
| 7.2.1 网络的层数                | 167        |
| 7.2.2 隐含层的神经元数             | 168        |
| 7.2.3 初始权值的选取              | 168        |
| 7.2.4 学习速率                 | 168        |
| 7.3 BP 神经网络工具箱函数           | 168        |
| 7.4 BP 神经网络的工程应用           | 173        |
| 7.4.1 BP 网络在函数逼近中的应用       | 173        |
| 7.4.2 nntool 神经网络工具箱的应用    | 181        |
| 7.4.3 BP 神经网络在语音特征信号分类中的应用 | 184        |
| 7.4.4 BP 神经网络的非线性函数拟合应用    | 190        |
| 7.5 本章小结                   | 193        |
| <b>第 8 章 RBF 神经网络</b>      | <b>194</b> |
| 8.1 RBF 网络模型               | 194        |
| 8.1.1 RBF 神经网络模型           | 194        |
| 8.1.2 RBF 网络的工作原理          | 195        |

|             |                   |            |
|-------------|-------------------|------------|
| 8.1.3       | RBF神经网络的具体实现      | 196        |
| 8.2         | RBF神经网络的学习算法      | 196        |
| 8.3         | RBF网络工具箱函数        | 198        |
| 8.3.1       | RBF工具箱函数          | 198        |
| 8.3.2       | 转换函数              | 200        |
| 8.3.3       | 传递函数              | 201        |
| 8.4         | 基于RBF网络的非线性滤波     | 202        |
| 8.4.1       | 非线性滤波             | 202        |
| 8.4.2       | RBF神经网络用于非线性滤波    | 202        |
| 8.5         | RBF网络MATLAB应用实例   | 207        |
| 8.6         | 本章小结              | 216        |
| <b>第9章</b>  | <b>反馈型神经网络</b>    | <b>217</b> |
| 9.1         | 反馈型神经网络的基本概念      | 217        |
| 9.2         | Hopfield网络模型      | 219        |
| 9.2.1       | Hopfield网络模型      | 220        |
| 9.2.2       | 状态轨迹              | 221        |
| 9.2.3       | 状态轨迹发散            | 221        |
| 9.3         | Hopfield网络工具箱函数   | 222        |
| 9.3.1       | Hopfield网络创建函数    | 223        |
| 9.3.2       | Hopfield网络传递函数    | 227        |
| 9.4         | 离散型Hopfield网络     | 228        |
| 9.4.1       | DHNN模型结构          | 228        |
| 9.4.2       | 联想记忆              | 229        |
| 9.4.3       | DHNN的海布(Hebb)学习规则 | 232        |
| 9.4.4       | DHNN权值设计的其他方法     | 233        |
| 9.5         | 连续型Hopfield网络     | 235        |
| 9.6         | Elman网络           | 242        |
| 9.6.1       | Elman网络结构         | 243        |
| 9.6.2       | Elman网络创建函数       | 243        |
| 9.6.3       | Elman网络的工程应用      | 245        |
| 9.7         | 本章小结              | 252        |
| <b>第10章</b> | <b>竞争型神经网络</b>    | <b>253</b> |
| 10.1        | 自组织型竞争神经网络        | 253        |
| 10.1.1      | 几种联想学习规则          | 253        |
| 10.1.2      | 网络结构              | 258        |
| 10.1.3      | 自组织神经网络的原理        | 260        |
| 10.1.4      | 竞争学习规则            | 265        |

|               |                          |            |
|---------------|--------------------------|------------|
| 10.1.5        | 竞争网络的训练过程                | 265        |
| 10.2          | 自组织特征映射神经网络              | 266        |
| 10.2.1        | 自组织特征映射神经网络拓扑结构          | 267        |
| 10.2.2        | SOM 权值调整域                | 268        |
| 10.2.3        | SOM 网络运行原理               | 269        |
| 10.2.4        | 网络的训练过程                  | 270        |
| 10.3          | 自适应共振理论神经网络              | 272        |
| 10.3.1        | 自适应共振理论神经网络概述            | 272        |
| 10.3.2        | ART 网络的结构及特点             | 272        |
| 10.4          | 学习向量量化神经网络               | 273        |
| 10.4.1        | LVQ 神经网络结构               | 273        |
| 10.4.2        | LVQ 神经网络算法               | 274        |
| 10.5          | 竞争型神经网络工具箱函数             | 274        |
| 10.6          | 竞争型神经网络的应用               | 286        |
| 10.7          | 本章小结                     | 294        |
| <b>第 11 章</b> | <b>神经网络的 Simulink 应用</b> | <b>295</b> |
| 11.1          | 基于 Simulink 的神经网络模块      | 295        |
| 11.1.1        | 神经网络模块                   | 295        |
| 11.1.2        | 模块的生成                    | 302        |
| 11.2          | 基于 Simulink 的神经网络控制系统    | 306        |
| 11.2.1        | 神经网络模型预测控制               | 307        |
| 11.2.2        | 反馈线性化控制                  | 310        |
| 11.2.3        | 模型参考控制                   | 313        |
| 11.3          | 本章小结                     | 315        |
| <b>第 12 章</b> | <b>神经网络 GUI</b>          | <b>316</b> |
| 12.1          | GUI 简介                   | 316        |
| 12.1.1        | GUI 设计工具                 | 316        |
| 12.1.2        | 启动 GUIDE                 | 318        |
| 12.1.3        | 添加控件组件                   | 319        |
| 12.1.4        | 设置控件组件的属性                | 322        |
| 12.1.5        | 编写相应的程序代码                | 326        |
| 12.1.6        | GUIDE 创建 GUI 的注意事项       | 331        |
| 12.1.7        | 定制标准菜单                   | 333        |
| 12.2          | 神经网络 GUI                 | 334        |
| 12.2.1        | 常规神经网络 GUI               | 334        |
| 12.2.2        | 神经网络拟合 GUI               | 339        |
| 12.2.3        | 神经网络模式识别 GUI             | 346        |

|               |                        |            |
|---------------|------------------------|------------|
| 12.2.4        | 神经网络聚类 GUI             | 351        |
| 12.3          | GUI 数据操作               | 358        |
| 12.3.1        | 从 Workspace 导入数据到 GUI  | 358        |
| 12.3.2        | 从 GUI 中导出数据到 Workspace | 360        |
| 12.3.3        | 数据的存储和读取               | 363        |
| 12.3.4        | 数据的删除                  | 365        |
| 12.4          | 本章小结                   | 365        |
| <b>第 13 章</b> | <b>自定义神经网络及函数</b>      | <b>366</b> |
| 13.1          | 自定义神经网络                | 366        |
| 13.1.1        | 网络的创建                  | 367        |
| 13.1.2        | 网络的初始化、训练和仿真           | 382        |
| 13.2          | 自定义函数                  | 386        |
| 13.2.1        | 初始化函数                  | 386        |
| 13.2.2        | 学习函数                   | 387        |
| 13.2.3        | 仿真函数                   | 389        |
| 13.3          | 本章小结                   | 390        |
| <b>第 14 章</b> | <b>随机神经网络</b>          | <b>391</b> |
| 14.1          | 随机神经网络的基本思想            | 391        |
| 14.2          | 模拟退火算法                 | 392        |
| 14.2.1        | 模拟退火算法的原理              | 393        |
| 14.2.2        | 模拟退火算法用于组合优化问题         | 394        |
| 14.2.3        | 退火算法的参数控制              | 395        |
| 14.3          | Boltzmann 机            | 396        |
| 14.3.1        | Boltzmann 机的网络结构       | 396        |
| 14.3.2        | Boltzmann 机的工作原理       | 398        |
| 14.3.3        | Boltzmann 机的运行步骤       | 399        |
| 14.3.4        | Boltzmann 机的学习规则       | 400        |
| 14.3.5        | Boltzmann 机的改进         | 401        |
| 14.4          | 随机神经网络的应用              | 404        |
| 14.5          | 本章小结                   | 407        |
| <b>第 15 章</b> | <b>神经网络基础运用</b>        | <b>408</b> |
| 15.1          | 感知器神经网络的应用             | 408        |
| 15.2          | 线性神经网络的应用              | 409        |
| 15.3          | BP 神经网络的应用             | 411        |
| 15.4          | RBF 神经网络的应用            | 413        |
| 15.5          | 本章小结                   | 415        |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 第 16 章 神经网络综合运用 | 416 |
| 16.1 BP 神经网络的应用 | 416 |
| 16.1.1 数据拟合     | 416 |
| 16.1.2 数据预测     | 423 |
| 16.1.3 函数逼近     | 429 |
| 16.2 PID 神经网络控制 | 433 |
| 16.3 遗传算法优化神经网络 | 441 |
| 16.4 模糊神经网络控制   | 447 |
| 16.5 概率神经网络分类预测 | 456 |
| 16.6 本章小结       | 460 |
| 附录              | 461 |
| 参考文献            | 463 |



# 第 1 章 MATLAB 简介

本章主要介绍 MATLAB 软件的基本用途和方法。MATLAB 是目前在国际上被广泛接受和使用的科学与工程计算软件。虽然 Cleve Moler 教授开发它的初衷是为了更简单、更快地解决矩阵运算,但现在的 MATLAB 已经发展成为一种集数值运算、符号运算、数据可视化、图形界面设计、程序设计、仿真等多种功能于一体的集成软件。

本章将介绍 MATLAB 的发展、特点、安装、工作环境和 MATLAB 帮助系统,力图使读者能初步熟悉 MATLAB 软件的基本知识。

学习目标:

- 了解 MATLAB 的发展、特点和功能
- 了解 MATLAB 工具箱的概念和类型
- 熟练掌握 MATLAB 窗口的用途和使用方法

## 1.1 MATLAB 的发展

20 世纪 70 年代中后期,曾在密西根大学、斯坦福大学和新墨西哥大学担任数学与计算机科学教授的 Cleve Moler 博士,为讲授矩阵理论和数值分析课程的需要,和同事用 Fortran 语言编写了两个子程序库 EISPACK 和 LINPACK,这便是构思和开发 MATLAB 的起点。MATLAB 一词是对 Matrix Laboratory (矩阵实验室)的缩写,由此可看出 MATLAB 与矩阵计算的渊源。

MATLAB 除了利用 EISPACK 和 LINPACK 两大软件包的子程序外,还包含用 Fortran 语言编写的用于承担命令翻译的部分。

为进一步推动 MATLAB 的应用,在 20 世纪 80 年代初,John Little 等人将先前的 MATLAB 全部用 C 语言进行改写,形成了新一代的 MATLAB。1984 年,Cleve Moler 和 John Little 等人成立 MathWorks 公司,并于同年向市场推出了 MATLAB 的第一个商业版本。

随着市场接受度的提高,其功能也不断增强,在完成数值计算的基础上,新增了数据可视化以及与其他流行软件的接口等功能,并开始了对 MATLAB 工具箱的研究开发。

1993 年,MathWorks 公司推出了基于 PC 的以 Windows 为操作系统平台的 MATLAB 4.0 版。1994 年推出的 4.2 版,扩充了 4.0 版的功能,尤其在图形界面设计方面提供了新的方法。1997 年推出的 MATLAB 5.0 增加了更多的数据结构,如结构数组、细胞数组、多维数组、对象、类等,使其成为一种更方便的编程语言。

1999 年初推出的 MATLAB 5.3 在很多方面又进一步改进了 MATLAB 的功能。

2000年10月底推出的全新的 MATLAB 6.0 正式版 (Release 12), 在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进。

2002年8月推出的 MATLAB 6.5, 其操作界面进一步集成化, 并开始运用 JIT 加速技术, 使运算速度有了明显提高。

2004年7月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 7.0 (Release 14), 其中集成了 MATLAB 7.0 编译器、Simulink 6.0 图形仿真器及很多工具箱, 在编程环境、代码效率、数据可视化、文件 I/O 等方面都进行了升级。

最近的一次版本更新是在 2013 年 3 月, Mathworks 公司推出了 MATLAB R2013a 版。该版本的新特点是引入 Fixed-Point Designer, 它结合 Fixed-Point Toolbox、Simulink Fixed Point、Phased Array System Toolbox 和 SimRF 的功能, 增强了无线和雷达通信系统设计。R2013a 还更新了 80 种其他产品, 包括 Polyspace 嵌入式软件验证产品。

现在的 MATLAB 已经不再是仅仅解决矩阵与数值计算的软件, 更是一种集数值与符号运算、数据可视化图形表示与图形界面设计、程序设计、仿真等多种功能于一体的集成软件。

观察由欧美引进的新版教材, MATLAB 已经成为线性代数、数值分析计算、数学建模、信号与系统分析、自动控制、数字信号处理、通信系统仿真等一批课程的基本教学工具。而在国内, 随着 MATLAB 在我国高校的推广和应用, MATLAB 已经渐入人心。

## 1.2 MATLAB 的特点及应用领域

MATLAB 有两种基本的数据运算量: 数组和矩阵, 二者单从形式上不好区分。每一个变量可能被当作数组, 也可能被当作矩阵, 这要依靠所采用的运算法则或运算函数来定。

在 MATLAB 中, 数组与矩阵的运算法则和运算函数是有区别的。但不论是 MATLAB 的数组还是 MATLAB 的矩阵, 都已经改变了一般高级语言中使用数组的方式和解决矩阵问题的方法。

在 MATLAB 中, 矩阵运算是把矩阵视为一个整体来进行, 基本上与线性代数的处理方法一致。矩阵的加减乘除、乘方开方、指数对数等运算, 都有一套专门的运算符或运算函数。

对于数组, 不论是算术的运算, 还是关系或逻辑的运算, 甚至于调用函数的运算, 形式上可以当作整体, 有一套有别于矩阵的、完整的运算符和运算函数, 但实质上却是针对数组的每个元素施行的。

当 MATLAB 把矩阵 (或数组) 当作一个独立的运算量来对待后, 向下可以兼容向量和标量。不仅如此, 矩阵和数组中的元素可以用复数作基本单元, 向下可以包含实数集。这些是 MATLAB 区别于其他高级语言的根本特点。以此为基础, 还可以概括出如下一些 MATLAB 的特色。

### 1. 语言简洁, 编程效率高

因为 MATLAB 定义了专门用于矩阵运算的运算符, 使得矩阵运算就像列出算式执行标量运算一样简单, 而且这些运算符本身就能执行向量和标量的多种运算。

利用这些运算符可使一般高级语言中的循环结构变成一个简单的 MATLAB 语句, 再结

合 MATLAB 丰富的库函数可使程序变得相当简短, 几条语句即可代替数十行 C 语言或 Fortran 语言程序语句的功能。

## 2. 交互性好, 使用方便

使用 C 语言或 Fortran 语言的时候, 首先需要编写源程序, 然后对其进行编译、连接, 待形成可执行文件后, 方可运行程序得出结果。

而在 MATLAB 的命令窗口中, 输入一条命令, 立即就能看到该命令的执行结果, 体现了良好的交互性。交互方式减少了编程和调试程序的工作量, 给使用者带来了极大的方便。

## 3. 强大的绘图能力, 便于数据可视化

MATLAB 不仅能绘制多种不同坐标系中的二维曲线, 还能绘制三维曲面, 体现了强大的绘图能力。正是这种能力为数据的图形化表示 (即数据可视化) 提供了有力工具, 使数据的展示更加形象生动, 有利于揭示数据间的内在关系。

## 4. 领域广泛的工具箱, 便于众多学科直接使用

MATLAB 工具箱 (函数库) 可分为两类: 功能性工具箱和学科性工具箱。功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互的功能。而学科性工具箱是专业性比较强的工具箱, 如优化工具箱、统计工具箱、控制工具箱、通信工具箱、图像处理工具箱、小波工具箱等。

## 5. 开放性好, 便于扩展

除内部函数外, MATLAB 的其他文件都是公开的、可读可改的源文件, 体现了 MATLAB 的开放性特点。使用者可修改源文件和加入自己的文件, 甚至构造自己的工具箱。

## 6. 文件 I/O 和外部引用程序接口

支持读入更大的文本文件, 支持压缩格式的 MAT 文件, 用户可以动态加载、删除或者重载 Java 类等。正是由于以上几个特点, MATLAB 的应用领域十分广阔, 典型的应用举例如下。

- 数据分析
- 数值与符号计算
- 工程与科学绘图
- 控制系统设计
- 航天工业
- 生物医学工程
- 汽车工业
- 语音处理
- 图像与数字信号处理
- 财务、金融分析
- 建模、仿真及样机开发
- 新算法研究开发

## 1.3 MATLAB R2013a 的安装

MATLAB 是一个功能强大的数学工具软件, 只有在适当的系统环境中才能正常运行。